

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

1033

1038

IDS ✓

7

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07328857 A**

(43) Date of publication of application: 19 . 12 . 95

(51) Int. Cl

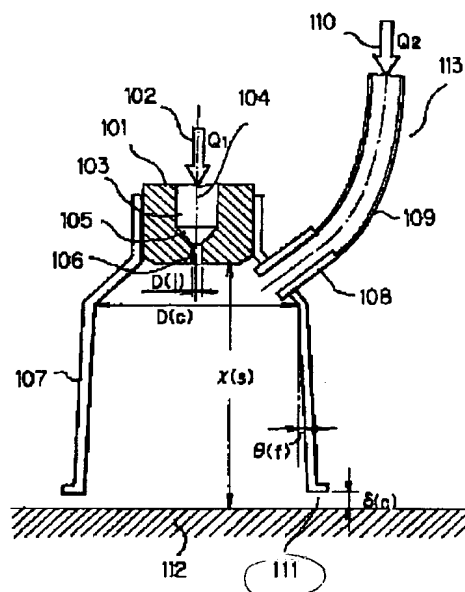
**B23P 17/00**  
**C21D 7/06**(21) Application number: **06127672**(22) Date of filing: **09 . 06 . 94**(71) Applicant: **BABCOCK HITACHI KK HITACHI LTD**(72) Inventor: **SATOU KAZUNORI**  
**SHINDOU TAKENORI**  
**KUROSAWA KOICHI****(54) WATER JET PEENING DEVICE AND WATER JET PEENING METHOD**

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To enable water jet peening construction work using cavitation even on a structure in the atmosphere by arranging a jet cover to cover and surround a high speed water jet on the tip of a blowout hole of a nozzle body as a cavitation jet nozzle.

**CONSTITUTION:** A conical jet cover 107 whose diameter is made sufficiently larger than an inside diameter of a blowout hole 106 is arranged on the tip of a nozzle body 101. An inside diameter  $D(c)$  in this jet cover 107 is set not less than at least ten times a radius  $D(i)$  of the blowout hole 106, and cavitation generated in a jet is prevented from colliding with an inner wall of the jet cover 107. Low pressure ambient water 110 introduced by a system separate from high pressure water 102 is supplied in this jet cover 107. When the high pressure water 102 is injected into this ambient water 110 from the blowout hole 106, a water jet causing violent cavitation is produced in the jet cover 107.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-328857

(43) 公開日 平成7年(1995)12月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 2 3 P 17/00

C 2 1 D 7/06

識別記号

A

Z

庁内整理番号

8821-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-127672

(22) 出願日 平成6年(1994)6月9日

(71) 出願人 000005441

バブコック日立株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番2号

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 佐藤 一教

広島県呉市宝町3番36号 バブコック日立

株式会社呉研究所内

(72) 発明者 進藤 丈典

広島県呉市宝町6番9号 バブコック日立

株式会社呉工場内

(74) 代理人 弁理士 武 顕次郎

最終頁に続く

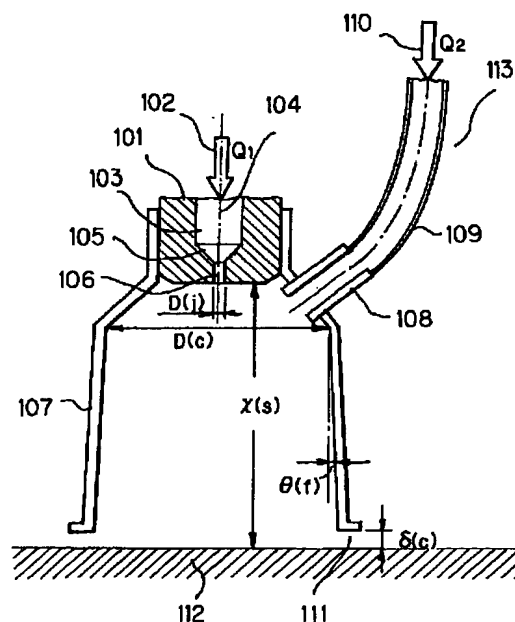
(54) 【発明の名称】 ウォータージェットピーニング装置およびウォータージェットピーニング法

(57) 【要約】

【目的】 大気中の構造物において、キャビテーションを利用するウォータージェットピーニング施工を可能にする技術を提供する。

【構成】 ノズル本体101の先端に加工対象物112の加工対象面に対し開口する噴流カバー107を設け、容器内低速水流中に高速水を噴射し、人為的に水中水噴流を作り出すようにする。

【図1】



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水中においてキャビテーションを伴う高速水噴流を衝突させることにより加工対象部材の残留応力を除去あるいは改善するウォータージェットピーニング装置において、

前記高速水噴流を噴射するノズル本体の噴出孔の先端に、高速水噴流を覆い囲む噴流カバーを設けたキャビテーションジェットノズルを備えることを特徴とするウォータージェットピーニング装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載において、前記ノズル本体の噴出孔先端から加工対象面までのスタンドオフ距離を  $x(s)$  とした時、噴出孔内径  $D(j)$  を、 $80 < x(s)/D(j) < 130$  の関係を満たす値としたことを特徴とするウォータージェットピーニング装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載において、噴流カバーの最小内径を、ノズルにおける高速水噴流の噴出孔内径  $D(j)$  の少なくとも 10 倍以上になるよう構成したことを特徴とするウォータージェットピーニング装置。

【請求項 4】 請求項 1 記載において、前記噴流カバーが略円錐形をしており、その噴流カバーのひろがり角度を  $\theta(f)$ 、ノズル本体の中心軸に対する噴出孔の半振り広がりを角度を  $\theta(n)$  とした時、 $\theta(f) > \theta(n) + 7^\circ$  になるように構成したことを特徴とするウォータージェットピーニング装置。

【請求項 5】 請求項 1 記載において、前記噴流カバーに低速水流供給流路を接続し、その供給流路から供給する低速水流によって噴流カバー内に水を充満させることを特徴とするウォータージェットピーニング装置。

【請求項 6】 水中においてキャビテーションを伴う高速水噴流を衝突させることにより加工対象部材の残留応力を除去あるいは改善するウォータージェットピーニング法において、

高速水噴流を噴射するノズル本体の噴出孔の先端に、高速水噴流を覆い囲む噴流カバーを設け、その噴流カバー内に水を充満するとともに、噴流カバー先端と鋼材加工対象面との間に水流を排出させる隙間を設け、噴流カバー内充満水流中に高速水噴流を噴射してノズルの先端に水中水噴流を形成し、この水中水噴流を鋼材加工対象面に衝突させることを特徴とするウォータージェットピーニング法。

【請求項 7】 請求項 6 記載において、前記噴流カバーに低速水流供給流路を接続し、その供給流路から供給する低速水流によって噴流カバー内に水を充満させることを特徴とするウォータージェットピーニング法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高速キャビテーション噴流を用いて、鋼材の残留応力を改善するウォータージェットピーニング(WJP)技術に係わり、特に大気中にある構造物にWJPを適用しようとする場合のキャビ

テーションノズルの構造およびウォータージェットピーニング方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 応力腐食割れ(SCC)を起こすポテンシャルのある熱影響部を有する既設構造物の表面応力は、小さな鋼球を気流の勢いで吹きつけるショットブラスト、砂粒を用いるサンドブラスト、氷粒を用いるクライオブラスト等によるピーニング(残留応力改善)処理を行い、応力を引張方向(亀裂を拡大させる方向)から圧縮方向へと改善する。

【0003】 このようなピーニング技術は、残留応力対策として各種機械構造物あるいは部品加工時に広く用いられている。

【0004】 図14に示すような構造のノズルを用いるウォータージェットの利用は、ユニークな加工、探鉱、あるいは洗浄技術として知られている。

【0005】 ここで、同図において、801はノズル本体、802は高压水、803は中心軸、804は高压水供給流路、805は径収縮部(しぼり部)、806は噴出孔である。

【0006】 これを表面応力改善に利用する試みが、特開昭62-63614号公報にて提案されている。水噴流によるピーニングは、水冷効果もあって、局所的な温度上昇を防げ、つまり、金属組織に熱的なダメージを与えないというメリットもある。

【0007】 しかしながら、この噴流は、細いビーム状であり、広い面積部分の大型構造物の溶接部のピーニングには向いていない。また、ビーム状の噴流の衝突部には、集中的に狭い部分に高い圧力が作用するため、表面に損傷を受けるおそれがある。

【0008】 これに対し、水中における高速水噴流には、激しいキャビテーションが発生するため、このキャビテーション気泡の崩壊時に発生する衝撃的な圧力をピーニングに有効利用できる。

【0009】 図15は気相中水噴流と水中水噴流の場合の、噴流軸方向距離と噴流軸上動圧力との関係を示す特性図で、図中の曲線(a)は気相中水噴流、曲線(b)は水中水噴流の場合の特性曲線である。

【0010】 同図に示すように、水中では、気相中に比べてキャビテーションが発生しないと仮定する場合には、噴流軸動圧力の減衰が速い。これは、水中の水で同相であるが故に拡散が速く噴流が広がるからである。

【0011】 しかしながら、キャビテーションによって太い水中水噴流にも高い圧力が発生するようになる。大気中にある構造物に、このようなキャビテーションを伴う水中水噴流によるピーニングを適用しようとする場合には、水を噴射するノズルに工夫が必要になる。

## 【0012】

【発明が解決しようとする課題】 水中での高速水噴流に発生する激しいキャビテーション現象を利用する水中構

造物のピーニング加工、即ち、W J P加工には多くのメリットがある。

【0013】この反面、水中の構造物のみを対象とするために用途に限られる。さほど大きくない部材であれば、水槽内へ入れてW J Pを施工することが可能であるが、溶接により、大型構造物として構成されている場合には、大気中のW J P施工は不可能に近い。

【0014】このような場合には、加熱炉を用いる焼鈍処理や、鋼球を衝突させる従来式のショットピーニングを行わざるを得ない。

【0015】大気中の構造物に対しては、大気中の高速水噴流を直接利用することも考えられるが、前述したように、噴流がビーム状にしばられているため、構造物表面上に壊食を起こしやすいという問題がある。

【0016】噴霧のように噴流を広げると、壊食の危険はなくなるものの、噴流の衝突エネルギーは著し減衰してしまう。また、このような大気中水噴流の衝突による場合は、衝突による高周波の騒音が発生し、作業者に不快感を与えるため、作業環境上、好ましいとは言えない。また、大気中噴流では、水噴流を比較的高速で衝突させるため、衝突によって飛沫が激しく飛び散る。

【0017】そのため、特殊なミストキャッチャーや水処理設備が必要になる。さらに、キャビテーション噴流を用いる場合に比べて、高い噴射圧力が必要になる。即ち、より高性能の高圧ポンプを用いることになるため、施工コストに関して不利になる。

【0018】このような問題に対し、人工的に局部的（例えば、ノズルの先端）に「水中環境」を作り出し、激しいキャビテーションを伴う噴流が実現すれば、水中施工と同様に、W J Pの加工の効果を生み出すことが可能になり、W J Pの加工の用途も大幅に拡大すると考えられる。

【0019】本発明の目的は、このような観点のもとで大気中の構造物において、キャビテーションを利用するウォータージェットピーニング施工を可能にする技術を提供することにある。

#### 【0020】

【課題を解決するための手段】キャビテーションを伴う高速水噴流を、大気中における鋼材のピーニングや洗浄、あるいは、はつりと言った各種表面処理作業に応用するため、本発明においては、次のような手段を採用する。

【0021】キャビテーションを伴う高速水噴流を人為的に実現するため、高速水噴流を、ノズルの先端に取り付けたカップ型の容器（噴流カバー）内へ噴射するとともに、この容器内へは、別の給水系統から低速の水流を供給するようにする。

【0022】このようにすれば、容器内の低速水流中へ高速水噴流が噴射されることになり、大気中においても、ノズルのごく先端部において水中高速水噴流が作り

出されることになる。

【0023】この噴流カバーの先端は開口しており、その開口端が加工対象面と僅かな隙間を残すようにしてノズルを位置決めする。この隙間からは、加工に關与した高速水噴流と低速水流との混じり合った水が噴出する。高速水噴流が噴出するノズル噴出孔の出口と加工対象面間の距離、いわゆるスタンドオフ（Stand-off）距離 $x$ （s）は、加工効率をできるだけ保ち、さらにエロージョン等の表面損傷が生じないように適正な条件に保たれる。

【0024】従って、上記した噴流カバーの長さは、この最適スタンドオフ距離を基に選定される。この最適スタンドオフ距離 $x$ は、高速水噴流の噴出孔直径を $D$ （j）とした場合、下記の条件に存在する。

【0025】 $80 < x$ （s）/ $D$ （j） $< 130$

噴流カバーの長さは、このスタンドオフ距離の条件よりも、加工対象物との隙間に相当する分のみ幾分短めに設定すればよい。

【0026】なお、高速水噴流を噴射する噴出孔を多数設けるマルチノズルの場合、噴流カバーの中へは、特に低速水流の供給を必要としない。つまり、マルチノズルの先端に噴流カバーを装着させるのみでよい。これは噴流カバー内に大量の水が供給されて内部に水が十分に充滿し、水中の高速水噴流が実現するからである。

#### 【0027】

【作用】ノズルの先端に取り付けた噴流カバーの水（これが、いわゆる「周囲」水流となる）中に、高速水噴流が噴射されると、噴流カバー内において激しいキャビテーションを伴う水噴流が作り出される。

【0028】この水噴流は、加工対象物の表面に衝突し、夥しい数のキャビテーション気泡の崩壊によって、加工対象物の表面に衝撃パルスが高頻度で発生する。この衝撃パルスの繰り返し作用は、ショット（鋼球）を用いるショットピーニングと同様の効果があり、加工対象物表層の結晶粒は潰れて塑性変形し、表層の応力状態は引張方向から圧縮方向へと改善される。噴流カバー内を流れる低速の周囲水流と、加工対象物へ衝突した水噴流は、噴流カバー先端と加工対象物の隙間から、放射状に大気中へ放出される。

#### 【0029】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

【0030】図1は、本発明を具体化したキャビテーションジェットノズルの一例を示すものであり、大気中において人為的に水中水噴流を作り出すノズルの構造を断面図として示したものである。

【0031】高圧水102を噴射するノズル本体101には、高圧水供給流路103、径収縮部（しぼり部）105および噴出孔106が、ノズル中心軸104上に連続して開口しており、高圧水102が噴出孔106から

10

20

30

40

50

噴射されるようになってい

【0032】ノズル本体101の先端には、その径が噴出孔106の内径よりも十分に大きくした円錐形の噴流カバー107が設置されている。この噴流カバー107における内径D(c)は、噴出孔106の径D(j)の少なくとも10倍以上とし、噴流に発生したキャビテーションが噴流カバー107の内壁に衝突しないようにする。

【0033】この噴流カバー107内へは、高圧水102とは別系統で導かれた低圧力の周囲水110が供給される。この周囲水110は、噴流カバー107内において噴出孔106から噴射される水噴流に対する周囲水110となる。

【0034】このようにして、噴流カバー107内の周囲水110内に、高圧水102が噴出孔106から噴射され、ノズルの先端において水中水噴流が実現される。噴流カバー107とノズル本体101の接続部における噴流カバー107の形状は、広がり角度が大きい略円錐体となっている。

【0035】略円錐体の側面には、周囲水を導く周囲水供給アダプタ108が接続している。この略円錐体に接続する噴流カバー107の本体は、広がり角(片振り)  $\theta(f)$  の小さな略円錐体(円筒形に近い)である。なお、この噴流カバー107の本体形状は、円筒形であってもよい。

【0036】スタンドオフ距離、即ち、噴出孔106の出口と加工対象物112の表面間の距離x(s)は、噴出孔106の内径をD(j)として、

$$80 < x(s) / D(j) < 130$$

の範囲になるよう設定する。噴出孔106の内径が1mmであれば、スタンドオフ距離x(s)を、80~130mmになるように選定すればよい。

【0037】この条件を基に、噴流カバー107の噴流軸方向の長さを選定する。噴流カバー107の出口先端と加工対象物112の表面間の距離、即ち、隙間111の長さ $\delta(c)$ は施工条件にもよるが、1~3mmになるように設定する。

【0038】隙間111の長さ $\delta(c)$ が小さ過ぎると、噴流カバー107内の水圧が上昇して、噴流カバー107の中にキャビテーション噴流をうまく作り出せなくなる。

【0039】一方、隙間の長さ $\delta(c)$ が大き過ぎると、充填させるべきはずの水が噴流カバー107から流出してしまい、噴流カバー107に空洞部が生じて、この場合もキャビテーション噴流を実現できなくなる。なお、図中の109は周囲水供給管、113は例えば大気などの気相雰囲気、 $Q_1$ は高圧噴射水量、 $Q_2$ は周囲水水量である。

【0040】図2は、キャビテーションジェットノズルの他の実施例を示すものである。

【0041】この場合には、ノズル本体121に複数個の噴出孔124が開口しており、ここから高圧水122が噴射される。ノズル本体121には、噴流カバー127が取り付けられている。

【0042】この実施例では、図1に示す実施例とは異なり、低圧の周囲水を噴流カバー127内へは供給しない。複数個開口した噴出孔124から大量の高圧水122が噴射されるために噴流カバー127の先端と加工対象物129の表面とが離れ過ぎない限り、つまり、隙間128の長さ $\delta(c)$ が大き過ぎない限り、噴流カバー127内には水が充填し、いわゆる「周囲水」としての環境が整う。

【0043】このようにして、噴流カバー127内の周囲水中に、噴出孔124から複数個の高速水噴流が噴射され、それぞれが激しいキャビテーションを伴う水中水噴流となる。

【0044】この実施例は、比較的大型の鋼材のピーニング施工に適している。噴流カバー127の本体の広がり角度(片振り)  $\theta(f)$  は、図1の実施例よりも大きく設定している。また、この角度 $\theta(f)$  は、 $\theta(f) > \theta(n) + 7^\circ$  とし、噴出孔124のひろがり角度 $\theta(n)$  よりも幾分大きめとしている。 $\theta(n) = 10^\circ$  とする場合には、 $\theta(f)$  を18~22°程度とすればよい。

【0045】この実施例においても、スタンドオフ距離x(s)の設定基準は、図1に示す実施例のそれと同じである。

【0046】なお、図2において、123は高圧水供給流路、125はノズル本体の中心軸、126は噴出孔の中心軸、130は気相雰囲気(例えば、大気)である。

【0047】図3は、図1に示した実施例における水の供給系統を示したものである。

【0048】貯水槽205内の使用水206は、低圧ポンプ212と高圧ポンプ208から汲み上げられ、それぞれ周囲水および高圧噴射水用として、噴流カバー201とノズル本体200へ送給される。

【0049】それぞれの水量は、ポンプの回転数等の設定および吐出圧調整機構209と213により制御される。ピーニング施工用の使用水206からは、フィルタで固形異物をできるだけ除去するようにする。これは、高圧ポンプ208の加圧部におけるシール機構やノズルの噴出孔に傷をつけることになるからである。

【0050】なお、図3において、202はキャビテーションを伴う水中水噴流、203は加工対象物、204は跳ね返り噴流、207は吸水ライン、210は高圧水供給ライン、211は吸水ライン、214は低圧水供給ラインである。

【0051】図4は、本発明を具体化したキャビテーションジェットノズルにおける現象を模式的に示したものである。

【0052】例として、図1に構造を示すノズルをとり上げる。噴流カバー303内へ、低圧水である周囲水305が、周囲水供給管304を通じて導かれ、噴流カバー303内には水が充満する。この周囲水305の中へ、ノズル本体301の中央に開口する噴出孔から高圧水302が高速で噴射されると、激しいキャビテーションを伴う水中水噴流306が生成する。噴流カバー303の内壁と激しいキャビテーションを伴う水中水噴流306の間には、循環渦流307が生じる。

【0053】この循環渦流307には、水中水噴流306に乱れを与えると同時に、水中の気泡核を再循環させる作用があり、水中水噴流306に生じるキャビテーションは十分に発達し、材料に対して強い影響力を及ぼすようになる。

【0054】このようにして、大気中の環境にノズルを置きながらも、ノズルのごく先端において激しいキャビテーションを伴う水中水噴流306が実現する。

【0055】激しいキャビテーションを伴う水中水噴流306が加工対象面308に衝突すると、夥しい数のキャビテーション気泡が崩壊し、衝撃圧力が発生する。この衝撃圧力の作用により、加工対象面308の表層の結晶粒は押しつぶされるようにして塑性変形し、表層の残留応力は引張方向から圧縮方向へと改善されることになる。

【0056】このようにして、ピーニング作用の終了した水（この水は周囲水305と激しきキャビテーションを伴う水中水噴流306の混合したもの）は、噴流カバー303と加工対象面308の隙間310から、跳ね返り噴流309として放出される。

【0057】図5、図6は、噴流カバー401と加工対象物405の隙間406から水が放出される状態を示す一例を示すものである。

【0058】略円筒形の噴流カバー401の円周方向に対し、噴流カバー401の先端部と加工対象物405の間に形成される隙間406はほぼ一定であり、円周方向に対して略一様にピーニング後の跳ね返り噴流404が吹き出すようになっている。加工対象物405が、この図に示したように、鉛直面である場合、重力の作用により、跳ね返り噴流404は下方へやや偏る傾向がある。

【0059】なお、図5、図6において、402は高圧水、403は周囲水である。

【0060】図7、図8に示す例は、噴流カバー501から吹き出す跳ね返り噴流を人為的に下方へ放出させようとしたものであり、噴流カバー501の先端部を図7に示すように斜めに切断している。

【0061】噴流カバー501の先端において、隙間を拡大した部分504からは、水が大量に放出される（506）。

【0062】一方、隙間を狭くした部分505から放出される水量（507）は少なく、ノズルから上方へ吹き

出す水の影響は相対的に小さくなっている。このようにすれば、ピーニング施工中に下方へ流出する水を、吸引ダクト等を通じて選択的に回収することも可能になる。なお、図中の502は高圧水、503は周囲水、508は加工対象物である。

【0063】次に、以上のような作用により、ノズル先端に取り付けた円筒容器型の噴流カバー内に生じる水中水噴流の衝撃圧特性について、感圧フィルム法と衝突壊食法により調べた結果を述べる。

【0064】図9は、無次元化したスタンドオフ距離  $x(s)/D(j)$  [ $x(s)$  はノズル先端と加工対象面との距離であるスタンドオフ距離、 $D(j)$  はノズルの噴出孔径] に対する衝撃圧、 $Psh$  の変形パターンを示す例である。

【0065】ここでの衝撃圧  $Psh$  は図10に示すように、キャビテーション噴流623と平行に感圧フィルム624を設置することにより測定したものである。噴流の中心軸625と感圧フィルム624間の距離は5mmである。スタンドオフ距離方向、即ち、噴流の軸方向に沿って噴流の空間衝撃圧は2つのピークを有する分布となる。

【0066】ノズル621に近い第1ピークでは、ピークの形状が尖っており、スタンドオフ距離の範囲も狭い。これに対して、下流にある衝撃圧の第2ピークでは、幅広いスタンドオフ距離にわたり、ピークの形状もなだらかなものとなっている。

【0067】なお、図10において、図中の622は高圧水、626は周囲水、627は噴流カバーである。

【0068】図11は、材料の壊食特性を、壊食による質量損失  $\Delta m$  を無次元化したスタンドオフ距離  $x/D$  との関係でまとめ、質量損失のパターンとして表したものである。

【0069】この実験は図12に示すように、大気中においてキャビテーション噴流644を連続的に試験片645に衝突させることにより行った。質量損失  $\Delta m$  は、ノズルの噴出孔から離れるに従い急速に増加し、 $x \leq 25$  でピークに達した後は急激に減少する。

【0070】質量損失  $\Delta m$  がピークに達するスタンドオフ距離  $x/D$  は、感圧フィルム624により測定した衝撃圧分布（図9）における第1ピーク相当の  $x/D$  に近い。

【0071】一方、図9の衝撃圧分布において明瞭にあらわれた第2ピークは、 $\Delta m \sim x/D$  の壊食曲線には存在しない。

【0072】従って、水中の水噴流において、第1ピークを利用した場合には、激しい壊食を起こす危険性があるのに対し、第2ピークの場合には、壊食を起こすことなく噴流の衝撃圧を有効に利用できることになる。要するに、残留応力改善等のピーニング加工では、第2ピークのスタンドオフ距離を利用すればよい。

【0073】このようにして、ピーニング加工に最適なスタンドオフ距離が設定され、図1および図2に構造を示した〔これらの図において、スタンドオフ距離は $x$  (s)と表記してある〕噴流カバー107あるいは127の軸方向長さが決定される。最適なスタンドオフ距離 $x$  (s)と噴流カバー107、127の軸方向長さが決まれば、噴流カバー107、127の出口先端と加工対象物間の距離、つまり隙間の長さ $\delta$  (c)も決まってくる。

【0074】図13は、本発明に係る大気中のピーニング法による施工前後の残留応力を比較し、ピーニングによる効果を確認した例を示すものである。

【0075】ピーニング施工前における引張方向残留応力のレベルを無次元化した数字を-1とし、これを基準として残留応力の値を表した。

【0076】施工前には引張方向であった残留応力が、ピーニング施工後には圧縮方向に改善されたことが分かる。

【0077】以上のように、本発明を具体化することにより、大気中において鋼材の残留応力を大幅に改善できることが明らかになった。

【0078】本発明によって、大気中においてキャビテーションを利用するピーニングが可能になることで、応用範囲が大幅に拡大する。

【0079】一般に、表面応力改善にあたっては、熱を加えない、つまり金属組織の変態を伴わない低温処理の方が格段に好ましい。この点からも本発明の実用化は有利であり、ボイラの耐圧部材の表面応力改善へも応用することができる。

【0080】この他、本発明は、表面洗浄、付着物除去（デスケリング）、表面仕上げ加工（ポリシング）あるいは水中掘孔（サブマージド・ドリリング）等へも応用することが可能である。

【0081】

【発明の効果】本発明による効果をまとめると次のようになる。

【0082】（1）水中の高速水噴流に発生する激しいキャビテーション現象を利用するピーニング加工が、大気中あるいは特殊気体雰囲気中においても可能になる。従って、通常の大気下にある様々な溶接構造物の残留応力を、水中におけるウォータージェットピーニング施工と同等に良好に改善できるようになる。つまり、ウォータージェットを利用するピーニング加工の用途が拡大することになる。

【0083】（2）上記効果（1）と関連するが、大気中の作業となるために、施工時の作業能率が著しく向上する。施工時間が短縮し、また作業工数も低減するため、大幅に施工コストを削減することができる。また、特別な水槽も不要になる。

【0084】（3）ノズルの先端において、カップ型容

器を設けて小さな水中環境を作り出すために、ノズルからの噴出音や加工対象物へ衝突する際に生じる騒音のレベルを、大気中におけるウォータージェット利用時に比べて著し低減することができる。このことは、作業環境の改善に寄与するものである。

【0085】（4）加工対象物へ衝突する噴流からの飛沫の生成が、大気中におけるウォータージェット利用時と比較して大幅に減少する。従って、特殊なミストキャッチャーが不要になり、加工時の廃水処理法も容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係るキャビテーションジェットノズルの断面図である。

【図2】本発明の第2の実施例に係るキャビテーションジェットノズルの断面図である。

【図3】第1の実施例におけるキャビテーションジェットノズル水の供給系統を示す構成図である。

【図4】第1の実施例におけるキャビテーションジェットノズルの現象を示す模式図である。

【図5】キャビテーションジェットノズルの噴流カバーと加工対象物の隙間から水が放出される様子を示す正面図である。

【図6】キャビテーションジェットノズルの噴流カバーと加工対象物の隙間から水が放出される様子を示す側面図である。

【図7】噴流カバーから吹き出す跳ね返り噴流を人為的に下方へ放出させる様子を示す正面図である。

【図8】噴流カバーから吹き出す跳ね返り噴流を人為的に下方へ放出させる様子を示す側面図である。

【図9】本発明のベースとなる基礎実験結果を示す特性図である。

【図10】本発明のベースとなる基礎実験結果を示す模式図である。

【図11】本発明のベースとなる基礎実験結果を示す特性図である。

【図12】本発明のベースとなる基礎実験結果を示す模式図である。

【図13】本発明の効果を実証した試験結果を示す特性図である。

【図14】従来のキャビテーションジェットノズルの断面図である。

【図15】従来技術の問題点を示す特性図である。

【符号の説明】

101 ノズル本体

102 高圧水

103 高圧水供給流路

104 ノズル中心軸

105 径収縮部

106 噴出孔

107 噴流カバー



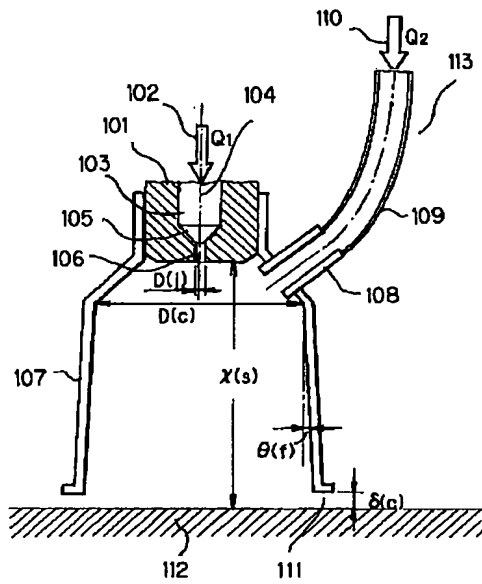
11  
108 周囲水供給アダプター  
109 周囲水供給管  
110 周囲水

12  
\* 111 隙間  
112 加工対象物  
\* 113 気相雰囲気

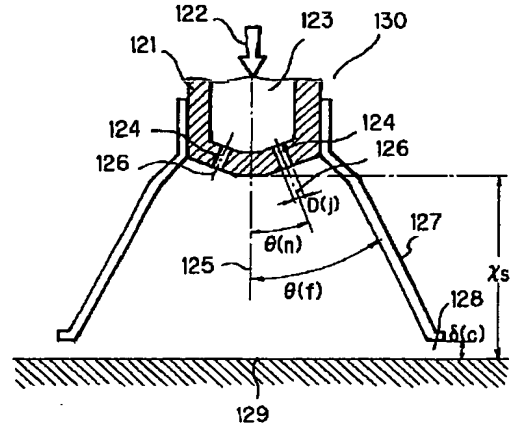
【図1】

【図2】

【図1】



【図2】

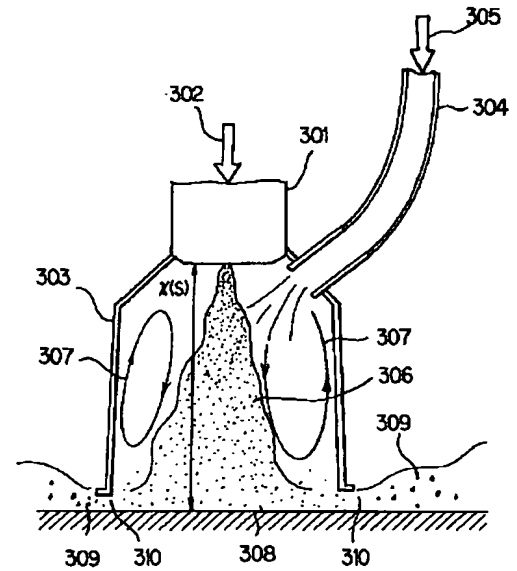
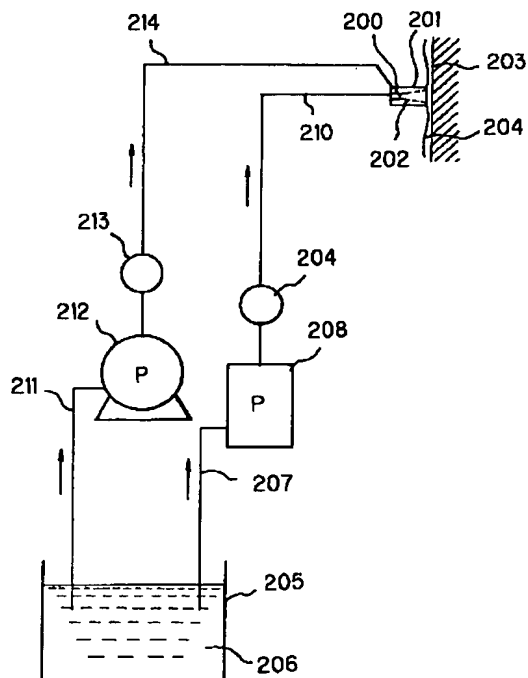


【図4】

【図4】

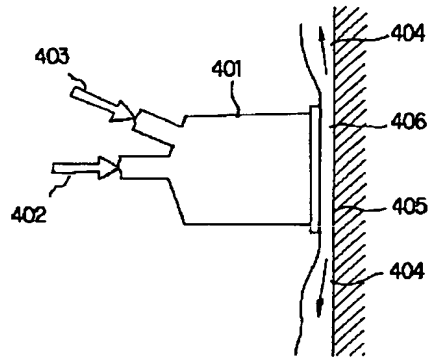
【図3】

【図3】



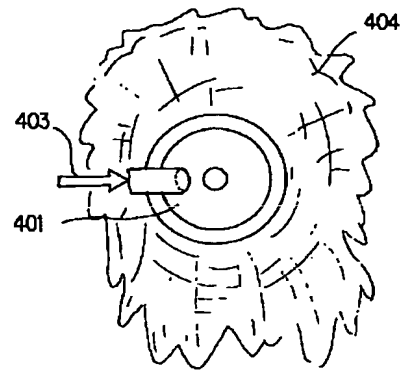
【図5】

【図5】



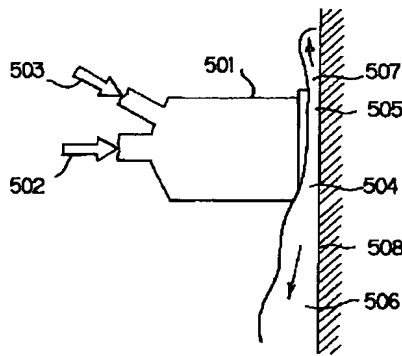
【図6】

【図6】



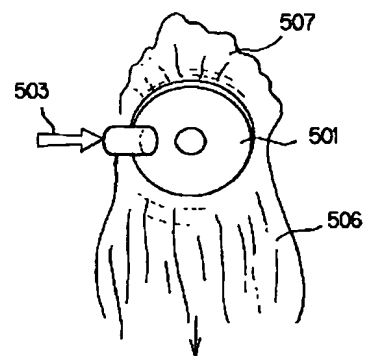
【図7】

【図7】



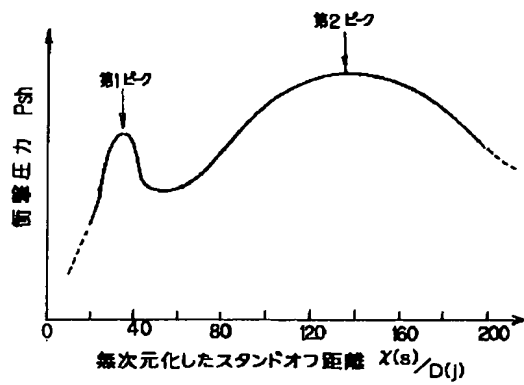
【図8】

【図8】



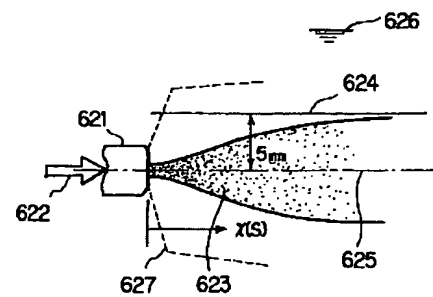
【図9】

【図9】



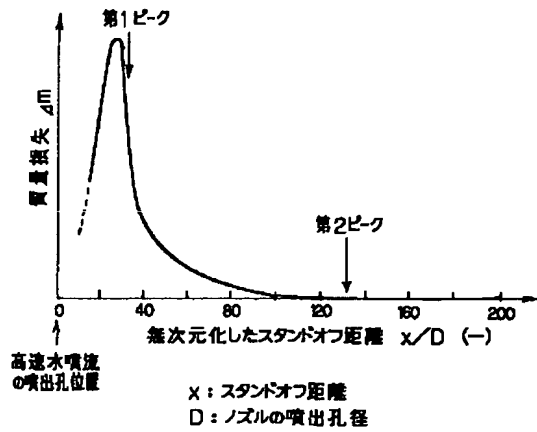
【図10】

【図10】



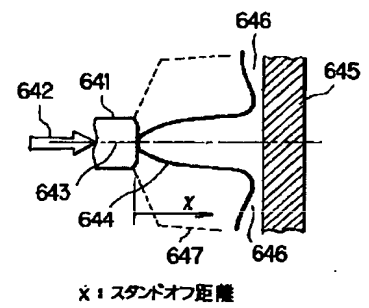
【図11】

【図11】



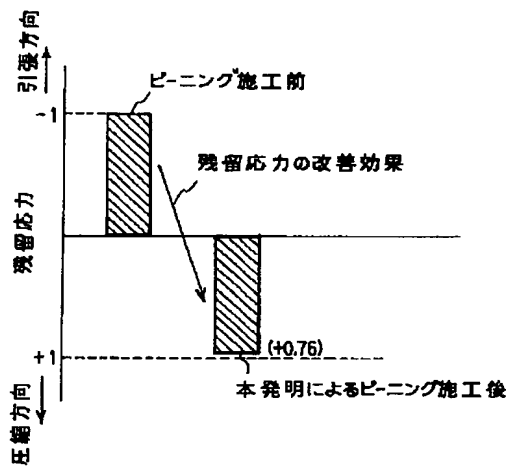
【図12】

【図12】



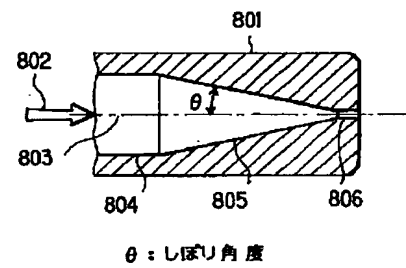
【図13】

【図13】



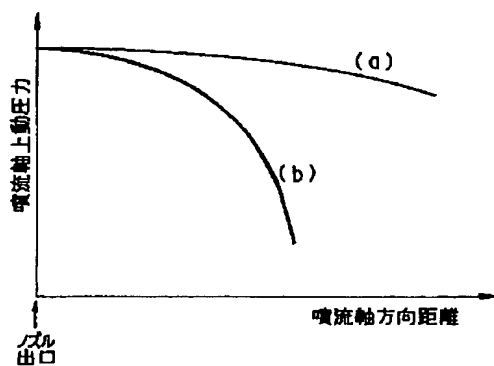
【図14】

【図14】



【図15】

【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 黒沢 孝一

茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号 株式会  
社日立製作所日立工場内

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the structure and the water jet peening method of a cavitation nozzle in the case of making WJP into application \*\*\*\*\* at the structure especially in the atmosphere with respect to the water jet peening (WJP) technology of improving the residual stress of steel materials, using a high-speed cavitation jet.

[0002]

[Description of the Prior Art] the air conditioner using shot blasting which sprays a shot with the small surface stress of the established structure which has the existing potential heat affected zone which starts stress corrosion cracking (SCC) under the influence of an air current, sandblasting using sand granules, and a ice grain -- Io -- peening (residual-stress improvement) processing by the blast etc. is performed, and stress is improved in the compression direction from \*\*\*\* (direction to which a crack is made to expand)

[0003] Such peening technology is widely used as a cure against residual stress at the time of the various machine structures or part processing.

[0004] Use of the water jet using the nozzle of structure as shown in drawing 14 is known as unique processing, mining, or washing technology.

[0005] here -- this drawing -- setting -- 801 -- a nozzle body and 802 -- high-pressure water and 803 -- a medial axis and 804 -- a high-pressure water feeder current way and 805 -- the path contraction section (extracting section) and 806 -- jet -- it is a hole

[0006] The attempt which uses this for a surface stress improvement is proposed in JP,62-63614,A. The peening by the water jet has the water-cooled effect, it can prevent a local temperature rise, is got blocked, and also has the merit of not giving a thermal damage to a metal texture.

[0007] However, this jet is a narrow beam-like and is not fit for the peening of the weld zone of the large-sized structure of a latus area portion. Moreover, in order that a high pressure may act on a narrow portion intensively, a possibility of receiving an injury is shown in a front face at the collision section of a beam-like jet.

[0008] On the other hand, since intense cavitation occurs in an underwater high-speed water jet, the shocking pressure generated at the time of decay of this cavitation foam can be used effectively for a peening.

[0009] Drawing 15 is the property view showing the relation between the jet shaft-orientations distance in the case of a gaseous-phase Nakamizu jet and an underwater water jet, and jet shaft top dynamic pressure, the curve in drawing (a) is a gaseous-phase Nakamizu jet, and a curve (b) is a characteristic curve in the case of an underwater water jet.

[0010] As shown in this drawing, when assuming that cavitation does not occur [ be / under / gaseous-phase / comparing / it ], attenuation of jet shaft dynamic pressure is quick underwater. This is because diffusion is quick and a jet spreads with underwater water, although it is in phase therefore.

[0011] However, a high pressure comes to occur also in a thick underwater water jet by cavitation.

When it is going to apply the peening by the underwater water jet accompanied by such cavitation to the structure in the atmosphere, a device is needed for the nozzle which injects water.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Many merits are in peening processing of the underwater structure using the intense cavitation phenomenon generated in an underwater high-speed water jet, i.e., WJP processing.

[0013] Since it is aimed only at the underwater structure on the other hand, a use is restricted. If it is the member which is not so large, although it is possible to put in into a tank and to construct WJP, when constituted by welding as the large-sized structure, the WJP construction in the atmosphere is next to impossible.

[0014] In such a case, shot peening of a formula must be performed the annealing processing using a heating furnace, and conventionally which makes a shot collide.

[0015] Although using the high-speed water jet in the atmosphere directly is also considered to the structure in the atmosphere, since the jet is extracted in the shape of a beam as mentioned above, the problem of being easy to cause erosion-corrosion is on a structure front face.

[0016] If a jet is extended like spraying, the collision energy of a jet of what is lost will be written and decreased. Moreover, since the noise of the RF by collision occurs and displeasure is given to an operator when based on the collision of such an air Nakamizu jet, it cannot be said on a work environment that it is desirable. Moreover, in the jet in the atmosphere, in order to make a water jet collide comparatively at high speed, a droplet scatters violently by collision.

[0017] Therefore, the special Myst catcher and a water treatment facility are needed. Furthermore, compared with the case where a cavitation jet is used, a high injection pressure is needed. That is, since more highly efficient high pressure pumping will be used, it becomes disadvantageous about construction cost.

[0018] such a problem -- receiving -- artificial -- being local (for example, nose of cam of a nozzle) -- if "underwater environment" is made and the jet accompanied by intense KYABITEYON is realized, it will become possible like underwater construction to produce the effect of processing of WJP, and it will be thought that the use of processing of WJP is also expanded sharply

[0019] The purpose of this invention is to offer the technology which enables water jet peening construction which uses cavitation in the structure in the atmosphere under such a viewpoint.

[0020]

[Means for Solving the Problem] In order to apply the high-speed water jet accompanied by cavitation to the peening and washing of the steel materials in the atmosphere, or the various surface treatment work which were called trimming, the following meanses are adopted in this invention.

[0021] In order to realize artificially the high-speed water jet accompanied by cavitation, while injecting a high-speed water jet into a cup [ which was attached at the nose of cam of a nozzle ] type container (jet covering), into this container, a low-speed stream is supplied from another water system.

[0022] thus, if it carries out, a high-speed water jet will be injected into the low-speed stream in a container -- \*\*\*\*\* -- the inside of the atmosphere -- also setting -- a nozzle -- in a point, an underwater high-speed water jet will be made very much

[0023] Opening of the nose of cam of this jet covering is carried out, and as the opening edge leaves the field for processing, and few crevices, it positions a nozzle. From this crevice, the mixed water of the high-speed water jet and low-speed stream which participated in processing spouts. the nozzle jet which a high-speed water jet spouts -- the outlet of a hole, the distance between the fields for processing, and the so-called mating-standoff (Stand-off) distance  $x$  (s) maintain processing efficiency as much as possible, and they are maintained at proper conditions so that surface damages, such as erosion, may not arise further

[0024] Therefore, the length of the above-mentioned jet covering is selected based on this optimal mating-standoff distance. this optimal mating-standoff distance  $x$  -- jet of a high-speed water jet -- a hole -- when a diameter is set to  $D$  (j), it exists in the following conditions

[0025] What is necessary is only for the part equivalent to the crevice between processing objects to be

shorter what minute, and just to set up the length of  $80 < x(s) / D(j) < 130$  jet covering rather than the conditions of this mating-standoff distance.

[0026] in addition, the jet which injects a high-speed water jet -- in the case of the multi-nozzle which prepares many holes, supply of a low-speed stream is not needed especially into jet covering That is, it is good only by making it equip with jet covering at the nose of cam of a multi-nozzle. It is because a lot of water is supplied in jet covering, water is [ this ] fully full of the interior and an underwater high-speed water jet is realized.

[0027]

[Function] If a high-speed water jet is injected in the stream (this serves as the so-called "circumference" stream) of jet covering attached at the nose of cam of a nozzle, the water jet accompanied by intense cavitation will be made [ in jet covering ].

[0028] This water jet collides with the front face of a processing object, and a shock pulse generates it by high frequency on the front face of a processing object by decay of the abundant cavitation foam of a number. A repeat operation of this shock pulse has the same effect as shot peening which uses a shot (shot), the crystal grain of a processing object surface crushes and deforms plastically, and a surface stress state improves in the compression direction from \*\*\*\*. The circumference stream of the low speed which flows the inside of jet covering, and the water jet which collided to the processing object are emitted to a radial into the atmosphere from a jet covering nose of cam and the crevice between processing objects.

[0029]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing.

[0030] Drawing 1 shows an example of the cavitation jet nozzle which materialized this invention, and shows the structure of the nozzle which makes an underwater water jet artificially in the atmosphere as a cross section.

[0031] the nozzle body 101 which injects high-pressure water 102 -- the high-pressure water feeder current way 103, the path contraction section (extracting section) 105, and jet -- a hole 106 -- the nozzle medial-axis 104 top -- connecting -- opening -- carrying out -- \*\*\*\* -- high-pressure water 102 -- jet -- it is injected from a hole 106

[0032] the nose of cam of a nozzle body 101 -- the path -- jet -- the jet covering 107 of a cone made larger enough than the bore of a hole 106 is installed bore D (c) in this jet covering 107 -- jet -- it considers as at least 10 or more times of path [ of a hole 106 ] D (j), and is made for the cavitation generated in the jet not to collide with the wall of the jet covering 107

✓ [0033] Into this jet covering 107, the circumference water 110 of the low voltage force led in another system is supplied in high-pressure water 102. this circumference water 110 -- the inside of the jet covering 107 -- setting -- jet -- it becomes circumference water 110 to the water jet injected from a hole 106

[0034] thus, the inside of the circumference water 110 in the jet covering 107 -- high-pressure water 102 -- jet -- it is injected from a hole 106 and an underwater water jet is realized in the nose of cam of a nozzle The configuration of the jet covering 107 and the jet covering 107 in the connection of a nozzle body 101 serves as an approximate circle pyramis with the large degree of angle of divergence.

[0035] The circumference water supply adapter 108 to which circumference water is led has connected with the side of an approximate circle pyramis. The main part of the jet covering 107 linked to this approximate circle pyramis is a small approximate circle pyramis (close to a cylindrical shape) of angle-of-divergence (for the first time in [ a piece ]) theta (f). In addition, the shape of this bodily shape of this jet covering 107 may be a cylindrical shape.

[0036] mating-standoff distance, i.e., jet, -- the distance x between the outlet of a hole 106, and the front face of the processing object 112 (s) -- jet -- using the bore of a hole 106 as D (j), it sets up so that it may become the range of  $80 < x(s) / D(j) < 130$  jet -- what is necessary is just to select the mating-standoff distance x (s) so that it may be set to 80-130mm if the bore of a hole 106 is 1mm

[0037] Based on this condition, the length of the jet shaft orientations of the jet covering 107 is selected. Although the distance between the outlet nose of cam of the jet covering 107 and the front face of the

processing object 112, i.e., length [ of a crevice 111 ] delta, (c) is based also on construction conditions, it sets up so that it may be set to 1-3mm.

[0038] When length [ of a crevice 111 ] delta (c) is too small, the water pressure in the jet covering 107 rises, and it becomes impossible to make a cavitation jet well in the jet covering 107.

[0039] When length [ of a crevice ] delta (c) is too large, the water which is made full flows out of the jet covering 107, the cavernous section arises to the jet covering 107, and it becomes impossible on the other hand, to realize a cavitation jet also in this case. 109 [ in addition, ] in drawing -- a circumference water supply pipe and 113 -- gaseous-phase atmosphere, such as the atmosphere, and Q1 The amount of high-pressure water jet, and Q2 circumference water -- it is amount of water [ for example, ]

[0040] Drawing 2 shows other examples of a cavitation jet nozzle.

[0041] in this case, jet of plurality [ nozzle body / 121 ] -- the hole 124 is carrying out opening and high-pressure water 122 is injected from here The jet covering 127 is attached in the nozzle body 121.

[0042] Unlike the example shown in drawing 1, in this example, low-pressure circumference water is not supplied into the jet covering 127. the jet which carried out opening -- since a lot of high-pressure water 122 is injected from a hole 124, unless the nose of cam of the jet covering 127 and the front face of the processing object 129 separate too much (i.e., unless length [ of a crevice 128 ] delta (c) is too large), in the jet covering 127, water is full, and the environment as the so-called "circumference water" is ready

[0043] thus, the circumference underwater in the jet covering 127 -- jet -- two or more high-speed water jets are injected from a hole 124, and each serves as an underwater water jet accompanied by intense cavitation

[0044] This example is suitable for peening construction of comparatively large-sized steel materials. Degree [ of the main part of the jet covering 127 ] of angle of divergence (for the first time in [ a piece ]) theta (f) is set up more greatly than the example of drawing 1. moreover, this angle theta (f) -- theta(f) > theta(n)+7 degree -- carrying out -- jet -- it is supposed that it is a little larger than spread angle [ of a hole 124 ] theta (n) What is necessary is just to make theta (f) into about 18-22 degrees, in considering as theta(n)=10 degree.

[0045] Also in this example, the setting criteria of the mating-standoff distance x (s) are the same as it of the example shown in drawing 1.

[0046] in addition, drawing 2 -- setting -- 123 -- a high-pressure water feeder current way and 125 -- the medial axis of a nozzle body, and 126 -- jet -- the medial axis of a hole and 130 are gaseous-phase atmosphere (for example, atmosphere)

[0047] Drawing 3 shows the supply system of the water in the example shown in drawing 1.

[0048] The use water 206 in a water tank 205 is pumped up from the low voltage pump 212 and high pressure pumping 208, and is fed into the jet covering 201 and a nozzle body 200 as circumference water and an object for high-pressure water jet, respectively.

[0049] Each amount of water is controlled by a setup and the discharge-pressure adjustment mechanisms 209 and 213 of the rotational frequency of a pump etc. A filter removes a solid foreign matter from the use water 206 for peening construction as much as possible. jet of a seal mechanism [ in / the pressurization section of high pressure pumping 208 / in this ], or a nozzle -- it is because a blemish will be given to a hole

[0050] In addition, for a rebound-phenomenon jet and 207, as for a high-pressure water supply line and 211, in drawing 3, a water absorption line and 210 are [ the underwater water jet accompanied by cavitation in 202, and 203 / a processing object and 204 / a water absorption line and 214 ] low voltage water supply lines.

[0051] Drawing 4 shows typically the phenomenon in the cavitation jet nozzle which materialized this invention.

[0052] The nozzle which shows structure to drawing 1 has been taken as an example. Into the jet covering 303, the circumference water 305 which is low voltage water is led through the circumference water supply pipe 304, and water is full in the jet covering 303. the jet which carries out opening in the center of a nozzle body 301 into this circumference water 305 -- if high-pressure water 302 is injected



from a hole at high speed, the underwater water jet 306 accompanied by intense cavitation will generate The circular vortex style 307 arises between the wall of the jet covering 303, and the underwater water jet 306 accompanied by intense cavitation.

[0053] In the style of [ this / 307 ] a circular vortex, there is an operation which makes an underwater cellular nucleus recycle, and the cavitation produced in the underwater water jet 306 fully progresses, and comes to do strong influence to material at the same time it gives disorder to the underwater water jet 306.

[0054] Thus, though a nozzle is put on the environment in the atmosphere, the underwater water jet 306 accompanied by [ in / a nose of cam / very ] intense cavitation of a nozzle is realized.

[0055] If the underwater water jet 306 accompanied by intense cavitation collides with the field 308 for processing, an abundant number of cavitation foams will collapse and a shock pressure will occur. The crystal grain of the surface of the field 308 for processing will be crushed by operation of this shock pressure, and will be made and deformed plastically by it, and surface residual stress will improve in the compression direction from \*\*\*\*.

[0056] Thus, the water (that with which the underwater water jet 306 accompanied by as intense cavitation as circumference water 305 mixed this water) which the peening operation ended is emitted as a rebound-phenomenon jet 309 from the crevice 310 between the jet covering 303 and the field 308 for processing.

[0057] Drawing 5 and drawing 6 show an example which shows the state where water is emitted from the crevice 406 between the jet covering 401 and the processing object 405.

[0058] To the circumferencial direction of the jet covering 401 of a cylindrical shape, the crevice 406 formed between the point of the jet covering 401 and the processing object 405 is simultaneously regularity, and the rebound-phenomenon jet 404 after a peening blows off to Mr. abbreviation 1 to a circumferencial direction. As shown in this drawing, when the processing object 405 is a vertical plane, the rebound-phenomenon jet 404 tends to incline a little below by operation of gravity.

[0059] In addition, in drawing 5 and drawing 6 , 402 is high-pressure water and 403 is circumference water.

[0060] The example shown in drawing 7 and drawing 8 tends to make it emit artificially below the rebound-phenomenon jet which blows off from the jet covering 501, and as shown in drawing 7 , it is cutting the point of the jet covering 501 aslant.

[0061] In the nose of cam of the jet covering 501, water is emitted in large quantities from the portion 504 to which the crevice was expanded (506).

[0062] There is little amount of water (507) emitted on the other hand from the portion 505 which narrowed the crevice, and the influence of the water which blows off from a nozzle upwards is small relatively. If it does in this way, it will also become possible to collect alternatively the water which flows out below during peening construction through a suction duct etc. In addition, as for high-pressure water and 503, 502 in drawing is [ circumference water and 508 ] processing objects.

[0063] Next, the result investigated by the pressure-sensitive film method and the collision erosion-corrosion method is described about the impact-pressure property of the underwater water jet produced by the above operations in cylinder container [ which was attached at the nose of cam of a nozzle ] type jet covering.

[0064] mating-standoff distance  $x(s)$   $D[ / (j) ]$  [ which dimensionless-ized drawing 9 -- the mating-standoff distance whose  $x(s)$  is the distance of a nozzle nose of cam and the field for processing, and  $D(j)$  are an impact pressure to jet aperture] of a nozzle, and an example which shows the deformation pattern of Psh

[0065] The impact pressure Psh here is measured by installing the pressure-sensitive film 624 in parallel with the cavitation jet 623, as shown in drawing 10 . The medial axis 625 of a jet and the distance between the pressure-sensitive films 624 are 5mm. The space impact pressure of a jet serves as a distribution which has two peaks along the direction of mating-standoff distance, i.e., the shaft orientations of a jet.

[0066] At the 1st peak near a nozzle 621, the configuration of a peak is sharp, and the range of mating-

standoff distance is also narrow. On the other hand, at the 2nd peak of the impact pressure which is down-stream, the configuration of a peak is also gently-sloping covering a broad mating-standoff distance.

[0067] In addition, as for high-pressure water and 626, in drawing 10, 622 in drawing is [ circumference water and 627 ] jet coverings.

[0068] Drawing 11 is summarized by the relation with mating-standoff distance  $x/D$  which dimensionless-ized mass loss  $\Delta m$  according the erosion-corrosion property of material to erosion-corrosion, and is expressed as a pattern of mass loss.

[0069] This experiment was conducted by making the cavitation jet 644 collide to a test piece 645 continuously in the atmosphere, as shown in drawing 12. mass loss  $\Delta m$  -- jet of a nozzle -- it is alike, it follows and increases quickly, and after [ which separates from a hole ] reaching a peak in  $x \leq 25$ , it decreases rapidly

[0070] Mating-standoff distance  $x/D$  to which mass loss  $\Delta m$  reaches a peak is close to  $x/D$  of the 1st peak in the impact-pressure distribution ( drawing 9 ) measured with the pressure-sensitive film 624.

[0071] On the other hand, the 2nd peak which appeared clearly in the impact-pressure distribution of drawing 9 does not exist in the erosion-corrosion curve of  $\Delta m$ - $x/D$ .

[0072] Therefore, in an underwater water jet, when the 1st peak is used, in the case of the 2nd peak, the impact pressure of a jet can be effectively used to there being a danger of causing intense erosion-corrosion, without causing erosion-corrosion. What is necessary is in short, just to use the mating-standoff distance of the 2nd peak in peening processing of a residual-stress improvement etc.

[0073] Thus, the optimal mating-standoff distance for peening processing is set up, and, as for mating-standoff distance, the jet covering 107 to which structure was shown in drawing 1 and drawing 2 and [  $x$  [ jet ] (s) is written in these drawings], or the shaft-orientations length of 127 is determined. If the shaft-orientations length of the optimal mating-standoff distance  $x$  (s) and the jet covering 107,127 is decided, the outlet nose of cam of the jet covering 107,127 and the distance between processing objects, i.e., length [ of a crevice ]  $\Delta$ , (c) will be decided.

[0074] Drawing 13 measures the residual stress before and behind construction by the peening method in the atmosphere concerning this invention, and shows the example which checked the effect by the peening.

[0075] The number which dimensionless-ized level of the \*\*\*\* direction residual stress before peening construction was set to -1, and the value of residual stress was expressed on the basis of this.

[0076] Before construction, it turns out that the residual stress which was the \*\*\*\* direction has been improved in the compression direction after peening construction.

[0077] As mentioned above, it became clear by materializing this invention that the residual stress of steel materials is sharply improvable in the atmosphere.

[0078] The application range is sharply expanded by the bird clapper possible by the peening which uses cavitation into the atmosphere by this invention.

[0079] generally, heat is not applied in a surface stress improvement, that is, the low temperature treatment without the transformation of a metal texture is alike and more desirable Utilization of this invention is advantageous also from this point, and it can apply also to the surface stress improvement of the pressure-part material of a boiler.

[0080] In addition, this invention can be applied to surface washing, affix removal (descaling), surface-finish processing (polishing), or underwater \*\*\*\* (submerged drilling).

[0081]

[Effect of the Invention] It is as follows when the effect by this invention is summarized.

[0082] (1) Peening processing using the intense cavitation phenomenon generated in an underwater high-speed water jet is attained in the atmosphere or special-gas atmosphere. Therefore, the residual stress of various welded structures under the usual atmosphere can be equally improved now good with underwater water jet peening construction. That is, the use of peening processing using a water jet will be expanded.

[0083] (2) Although connected with the above-mentioned effect (1), since it becomes the work in the

atmosphere, the working capacity at the time of construction improves remarkably. Since construction time is shortened and a work man day is also reduced, construction cost is sharply reducible. Moreover, a special tank also becomes unnecessary.

[0084] (3) In the nose of cam of a nozzle, in order to prepare a cup type container and to make small underwater environment, the noise level produced in case it collides from a nozzle to blowing and a processing object can be written and reduced compared with the water jet utilization time in the atmosphere. This contributes to an improvement of a work environment.

[0085] (4) Generation of the droplet from a jet which collides to a processing object decreases sharply as compared with the water jet utilization time in the atmosphere. Therefore, the special Myst catcher becomes unnecessary and the sewage treatment method at the time of processing also becomes easy.

---

[Translation done.]